

**SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURE THEREOF**

Patent Number: JP9326531  
Publication date: 1997-12-16  
Inventor(s): TANAKA KIYOTAKE; KIDOGUCHI ISAO; ADACHI HIDETO; TAKAMORI AKIRA; FUKUHISA TOSHIYA; MANNOU MASAYA  
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP9326531  
Application Number: JP19960141416 19960604  
Priority Number (s):  
IPC Classification: H01S3/18; C23C14/35; H05H1/46  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a GaInP/AlGaInP semiconductor laser with which high output can be obtained.

**SOLUTION:** A hydrogenated amorphous silicon film 40, which is formed by an ECRCVD device, is used for the high reflection coating film of a GaInP/ AlGaInP semiconductor laser. The hydrogenated amorphous silicon film 401 formed by the ECRCVD device has a high refractive index, a high reflection coating film can be formed thereon, and optical breakdown is not generated on the coating film because absorption coefficient is low. Accordingly, a high output semiconductor laser can be accomplished.

---

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-326531

(43) 公開日 平成9年(1997)12月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
C 2 3 C 14/35			C 2 3 C 14/35	
H 0 5 H 1/46			H 0 5 H 1/46	C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-141416

(22) 出願日 平成8年(1996)6月4日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成8年3月26日～  
3月29日 開催の「1996年(平成8年)春季第43回応用  
物理学関係連合講演会」において文書をもって発表

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 田中 清武

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 木戸口 勲

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 足立 秀人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

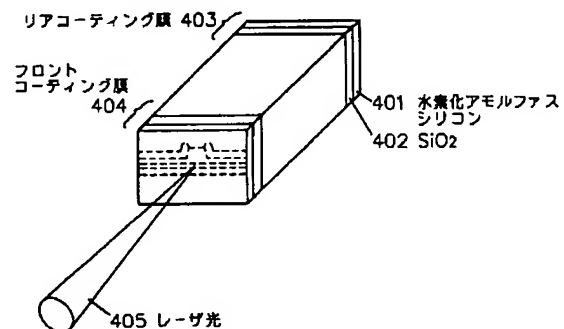
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザおよび製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高出力を得られるGaInP/AlGaInP系半導体レーザを提供する。

【解決手段】 GaInP/AlGaInP系半導体レーザの高反射コーティング膜に、ECRCVD装置により形成した水素化アモルファスシリコン膜401を用いる。ECRCVD装置により形成した水素化アモルファスシリコン膜401は屈折率が高く、高反射コーティング膜を形成でき、吸収係数が低いのでコーティング膜の光学破壊が発生しない。よって高出力の半導体レーザを実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された活性層と、該活性層を挟む一対のクラッド層とを備えた半導体レーザであって、前記半導体レーザの共振器端面の少なくとも一方が、構成元素に珪素を含む第一の絶縁物と、第二の絶縁物である水素化アモルファスシリコンとを少なくとも一周期以上交互に積層した構造によって形成されている半導体レーザ。

【請求項2】 前記第二の絶縁物である水素化アモルファスシリコンの吸収係数が $3000\text{cm}^{-1}$ 以下である請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 第一の絶縁物が $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiON}$ 、または $\text{SiN}$ である請求項2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 半導体レーザが $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系である請求項1、2または3に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 共振器端面の少なくとも一方に、構成元素に珪素を含む第一の絶縁物を堆積する工程と、前記第一の絶縁物上に第二の絶縁物である水素化アモルファスシリコンを堆積する工程とを有することを特徴とする $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザの製造方法。

【請求項6】 電子サイクロトロン共鳴プラズマを用いて前記第一の絶縁物と第二の絶縁物とを形成する請求項5に記載の $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザおよび製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザは発振波長が $630\sim 690\text{nm}$ であり、 $\text{AlGaAs}$ 系半導体レーザの発振波長、 $780\text{nm}$ に比べて発振波長が短く、光ディスクシステムの記録密度の向上が可能なため実用化されつつあるが、記録再生型光ディスクシステムなどのピックアップ光源としてはディスクへの記録時に高出力が要求され、 $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザの高出力化が求められている。

【0003】高出力半導体レーザでは、一方の共振器端面に高反射コーティング膜を形成し、他方に低反射コーティング膜を形成し、非対称コートを形成する。このときの共振器内部の電界強度分布を図6に示す。低反射側が高い電界分布となり高出力のレーザ光を得ることができる。

【0004】高反射コーティング膜の材料としては、アモルファスシリコンが用いられる。これはアモルファスシリコンは屈折率が高く、屈折率の低い材料との組み合わせで高反射率のコーティング膜が得られるからである。

【0005】従来、 $\text{AlGaAs}$ 系半導体レーザのコーティング膜はマグネトロンスパッタ装置を用いて堆積していた（特開昭63-200589号公報参照）。共振器端面にアルミ

ナ膜とアモルファスシリコン膜を交互に積層することにより高い反射率のコーティング膜を形成している。

【0006】マグネトロンスパッタ装置の場合、ターゲットにはシリコンを用いて、プラズマガスにはアルゴンを用いる。マグネトロンスパッタ装置は、装置が安価で取扱が簡単である反面、アモルファスシリコン膜の堆積がプラズマの放電電極間で行われるため、図3に示すように、基板304上に形成したアモルファスシリコン膜303は、堆積する基板自身がスパッタされ、その結果プラズマのダメージが大きく、平坦性が乏しいため、反射率が低下する。

【0007】また、マグネトロンスパッタ装置で形成したアモルファスシリコン膜は非結晶質で、ダングリングボンド（未結合手）が多く存在し、それらが終端されていないためバンド間準位が多く存在し、図2に示すように吸収係数が多い。このためマグネトロンスパッタ装置で作製したアモルファスシリコンを用いてコーティング膜を形成した場合、吸収係数が大きくレーザ光を吸収し発熱する。

【0008】また、吸収係数を低減するために、マグネトロンスパッタ装置に水素ガスを導入しながらアモルファスシリコン膜を形成する方法もあるが、シリコンと水素の結合が弱く膜から水素が脱離しやすいので、屈折率が変化し膜の信頼性に欠ける。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このように従来のマグネトロンスパッタ装置によるアモルファスシリコン膜の堆積では、堆積中にプラズマによるダメージが入りレーザ素子が劣化したり、堆積したアモルファスシリコン膜もスパッタされるため膜の平坦性に欠ける。

【0010】また非対称コートの場合、図6に示すように低反射コーティング膜側では高電界のため光密度も高く、光学損傷は低反射コーティング膜側で発生するはずであるが、高反射コーティング膜に用いるアモルファスシリコン膜の吸収係数が大きい場合、高反射コーティング膜側で光学損傷が生じやすい。 $\text{AlGaAs}$ 系半導体レーザに比べて $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザは波長が短く、吸収係数は増加する傾向にあり、半導体レーザの発振波長が短波長化するとさらに吸収係数が増加し最大光出力を制限してしまう。

【0011】また、吸収係数を低減するために、マグネトロンスパッタ装置での膜の堆積時に水素を導入しても、水素は脱離しやすく屈折率が変化するためコーティング膜の反射率が変化するなど信頼性に問題がある。

【0012】そこで本発明では平坦性が良好でダメージが少なく、水素が脱離せず、 $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザのコーティング膜として適用できる吸収係数の小さい水素化アモルファスシリコン膜を用いた $\text{GaInP}/\text{AlGaInP}$ 系半導体レーザおよび製造方法を提供することを目的とする。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために本発明の半導体レーザおよび製造方法は、端面に水素化アモルファスシリコンを形成するものである。特にECRプラズマを用いて水素化アモルファスシリコンを形成するのが好ましい。その原料には、シランガス ( $\text{SiH}_2\text{n}+2$ ) を用い、屈折率が高く、吸収係数が小さい膜を形成する。これにより、半導体レーザの高出力化が可能になる。

## 【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例について説明する。

【0015】コーティング膜の堆積には、図1に示す電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD (Electron Cyclotron Resonance Plasma CVD) 装置を用いる。

【0016】図1の装置内に、ウェハからバーの状態に切り出した半導体レーザ103を、一方の端面にプラズマが照射されるように試料ホルダー102に設置する。まず端面に付着した水分を取り除き、コーティング膜の密着性を向上させるために、試料ホルダー102に具備された加熱機構により例えば140℃で10分加熱する。図4に示す後面コーティング膜403の第一の絶縁物として、例えば $\text{SiO}_2$ 膜を形成する場合、例えばモノシラン ( $\text{SiH}_4$ ) を流量5sccm、酸素を流量10sccm供給し、 $\text{SiO}_2$ 膜402を1140Å堆積する。次に第一の絶縁物の上に第二の絶縁物である水素化アモルファスシリコン401を形成する。反応ガスに例えばモノシラン ( $\text{SiH}_4$ ) を使用しプラズマガスには例えばアルゴン (Ar) を用いる。モノシランを用いるのは、シランガスのなかでもSi原子に結合するH原子の数が最も多く、水素化アモルファスシリコン401を堆積しやすいからである。反応ガス導入口104より例えばモノシランを流量2sccm、プラズマガス導入口107より例えばアルゴンを流量10sccmを導入しながら、導波管108より2.45GHzのマイクロ波を導入し、励磁コイル106により磁場を形成し、プラズマ室105に電子サイクロトロン共鳴によるプラズマを発生させ、水素化アモルファスシリコン401を550Å堆積する。第一の絶縁物と第二の絶縁物の組み合わせにより高反射の後面コーティング膜403が形成される。

【0017】前面コーティング膜404の形成は、他方の端面にプラズマが照射されるように試料ホルダー102に設置する。まず端面に付着した水分を取り除き、コーティング膜の密着性を向上させるために、試料ホルダー102に具備された加熱機構により例えば140℃で10分加熱する。次に反射率が最適となるように $\text{SiO}_2$ 膜や $\text{SiN}$ 膜を形成し、前面コーティング膜404とする。レーザ光405は前面側から出射する。

【0018】水素化アモルファスシリコン401の形成にECRプラズマを用いる理由は、アルゴンのイオン化率が高く、モノシランの分解を促進するため堆積レートが大き

く、効率よく水素化アモルファスシリコン膜401が堆積できるからである。このため反応ガスであるモノシランの供給量が少量で済み、堆積室にパーティクルなども発生しにくく、装置のメンテナンスも少なくて済む。

【0019】なお、プラズマガスにはアルゴンの代わりにヘリウム (He) を用いても良い。アルゴンはイオン化率が高いためシランガスの分解効率が良く、堆積レートも大きい。プラズマ条件によっては局所的にプラズマが発生しやすく堆積レートに面内分布が生じる場合がある。ヘリウムはアルゴンに比べてイオン化率が低く、シランガスの分解効率が若干劣るが、プラズマが均等に発生するため堆積レートの面内分布が良好である。用途によりアルゴンとヘリウムは使い分けられよい。

【0020】コーティング膜は反射ミラーとして作用するため平坦性が重要である。本発明による水素化アモルファスシリコン膜の平坦性を調べると図3に示すように、基板302上に水素化アモルファスシリコン301を形成したものは極めて平坦であった。ECRプラズマは指向性が強く、基板に対して垂直に反応種が供給されるので、均等に水素化アモルファスシリコンが堆積され平坦な膜を得ることができる。またECRプラズマはダメージが少なく堆積した水素化アモルファスシリコン膜をスパッタしないので、堆積したままの平坦性を保つことができる。

【0021】堆積した水素化アモルファスシリコン膜は、常温ないし300℃程度で堆積するため非結晶質ではあるが、原料にモノシランを用いるので、ダングリングボンド (未結合手) がH (水素) で終端されている。このためバンド間準位密度が低減され、吸収係数を低く抑えることができる。

【0022】図2に本発明に用いた水素化アモルファスシリコンと、マグネトロンスパッタ装置により作成したアモルファスシリコンの吸収係数の波長依存性を示す。例えば波長680nmでの吸収係数は水素化アモルファスシリコンが $3 \times 10^2 \text{cm}^{-1}$ 、水素化しないアモルファスシリコンが $5 \times 10^4 \text{cm}^{-1}$ である。水素化アモルファスシリコンは水素化しないアモルファスシリコンに比べて吸収係数が2桁以上低く、GaInP/AlGaInP系半導体レーザのコーティング膜に適用した場合、レーザ光の吸収による発熱が少なく光学損傷が生じないため、最大光出力が向上する。

【0023】また、図2の斜線で示した領域は、高反射コーティング膜に用いる水素化アモルファスシリコンでの光学破壊の生じない範囲を示している。水素の含有量が少なく吸収係数が $3000 \text{cm}^{-1}$ 以上の水素化アモルファスシリコン膜を用いた場合、レーザ光の吸収により光学損傷は水素化アモルファスシリコン膜で発生する。また、水素の含有量が多く吸収係数が $3000 \text{cm}^{-1}$ 以下の水素化アモルファスシリコン膜を用いた場合、光学損傷は水素化アモルファスシリコン膜で発生しない。

【0024】このためGaInP/AlGaInP系半導体レーザの高反射コーティング膜に水素化アモルファスシリコン膜を用いる場合、吸収係数が $3000\text{cm}^{-1}$ 以下である事が必要である。

【0025】吸収係数の低い水素化アモルファスシリコン膜を用いた半導体レーザでは、レーザ光の吸収による発熱が少ないので、水素化アモルファスシリコン膜の損傷せず、高出力化が可能である。

【0026】図5は水素化アモルファスシリコンを半導体レーザの高反射コーティング膜として用いた場合の光出力特性を示す。レーザ光の吸収せずコーティング膜が損傷しないので、光出力が増大している。

【0027】尚、高反射コーティング膜は積層膜を2周期以上形成しても良く、その場合はさらに高反射のコーティング膜を得ることができる。

【0028】また、ECRプラズマを用いると、低ダメージで共振器端面に水素化アモルファスシリコン膜が堆積できるためレーザ素子の劣化が少なく済み、寿命試験等の信頼性が向上する。

【0029】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、水素化アモルファスシリコン膜を、GaInP/AlGaInP系半導体レーザの高反射コーティング膜として用いると、反射率が高く、吸収係数の低いコーティング膜が形成できるので、光出力が大きく、信頼性の高い半導体レーザを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ECRCVD装置の構造断面図

【図2】水素化アモルファスシリコンの吸収係数を示す図

【図3】水素化アモルファスシリコン平坦性を表す図

【図4】後面コーティング膜の構成を示す斜視図

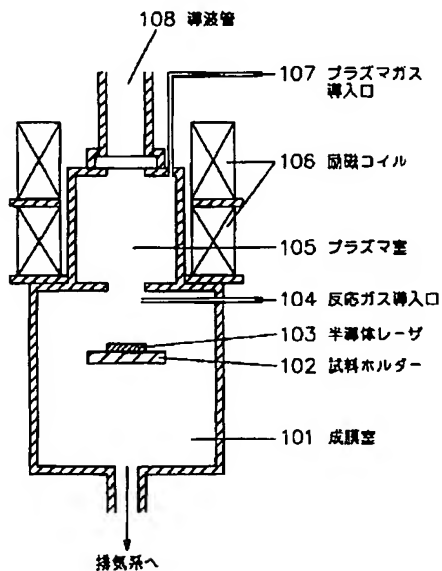
【図5】GaInP/AlGaInP系半導体レーザの光出力特性図

【図6】非対称コートを形成した場合の共振器内部の電界強度分布図

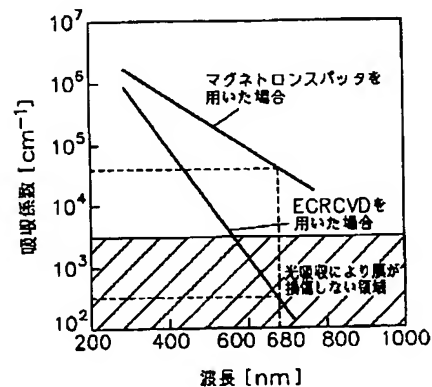
【符号の説明】

- 101 成膜室
- 102 試料ホルダー
- 103 半導体レーザ
- 104 反応ガス導入口
- 105 プラズマ室
- 106 励磁コイル
- 107 プラズマガス導入口
- 108 導波管
- 301 水素化アモルファスシリコン膜
- 302 基板
- 303 アモルファスシリコン膜
- 304 基板
- 401 水素化アモルファスシリコン
- 402  $\text{SiO}_2$
- 403 リアコーティング膜
- 404 フロントコート膜
- 405 レーザ光

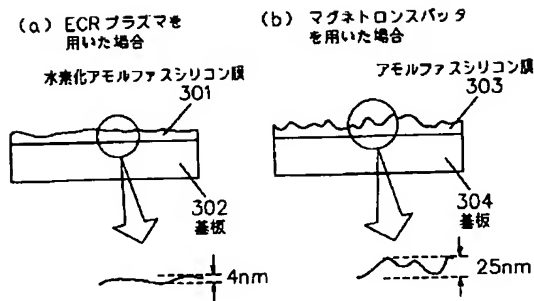
【図1】



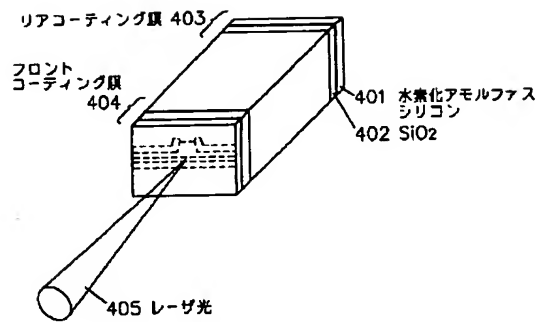
【図2】



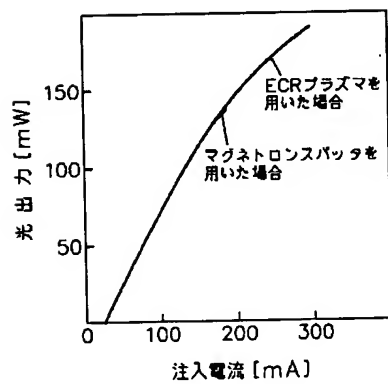
【図3】



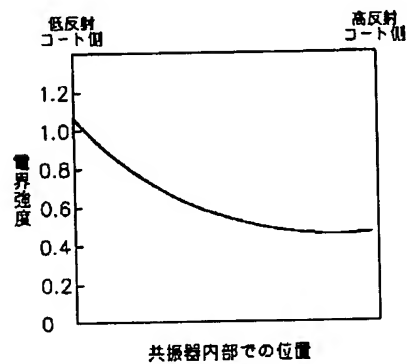
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 高森 晃  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 福久 敏哉  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 萬濃 正也  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内